

## ⑫ 特 許 公 報 (B 2)

昭62-29196

⑬ Int. Cl. 4

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告 昭和62年(1987)6月24日

B 25 J 19/02  
3/00  
G 21 C 19/02  
G 21 F 7/06

7502-3F  
A-7502-3F  
Z-7324-2G  
8204-2G

発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 感覚情報呈示機能をもつたマニピュレータの操縦方法

⑯ 特 願 昭56-4135

⑰ 公 開 昭57-121487

⑱ 出 願 昭56(1981)1月14日

⑲ 昭57(1982)7月28日

⑳ 発 明 者 箱 崎 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉑ 発 明 者 谷 江 和 雄 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉒ 発 明 者 小 森 谷 清 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

㉓ 出 願 人 工業技術院長

㉔ 指定代理人 工業技術院 機械技術研究所長

審 査 官 栗 林 敏 彦

㉕ 参 考 文 献 特開 昭50-73365 (JP, A)

特開 昭55-101388 (JP, A)

特開 昭52-47264 (JP, A)

実開 昭55-107992 (JP, U)

実開 昭51-94242 (JP, U)

実開 昭55-85289 (JP, U)

1

2

## ⑳ 特許請求の範囲

1 操作者の指令によつて動作する作業用マニピュレータが位置する作業環境に感覚情報検出器を配設し、前記感覚情報検出器によつて検出した情報に基づく情報を前記作業環境の外の操縦室内に位置する操作者の感覚器に前記操作者の動きに追随する感覚呈示装置によつて与えるようにし、かつ、前記操作者の位置及び姿勢を実時間で測定する操作者検出装置と前記操作者検出装置の出力に基づいて前記感覚情報検出器の位置及び姿勢を制御する駆動装置とを用いて前記感覚情報検出器の任意の固定位置にある三次元座標に関する位置及び姿勢を前記操作者の前記三次元座標に対応する前記操縦室側の三次元座標に関する位置及び姿勢に追随させるようにし、前記感覚情報検出器は少なくとも前記作業環境の視覚情報を検出する視覚情報検出器、前記作業環境の聴覚情報を検出する聴覚情報検出器及び前記作業用マニピュレータに作用する力を検出する力検出器であり、前記感覚呈示装置は少なくとも視覚呈示装置、聴覚呈示装

置及び皮膚刺激装置を含み、前記視覚呈示装置は前記操作者の周囲の視覚情報を遮断した状態で前記視覚情報検出器によつて検出された視覚情報に基づく視覚情報を操作者に与え、前記聴覚呈示装置は前記操作者の周囲の聴覚情報を遮断した状態で前記聴覚情報検出器によつて検出された聴覚情報に基づく聴覚情報を操作者に与え、かつ、前記力検出器によつて検出した情報に基づく情報を前記皮膚刺激装置による皮膚刺激に変換して操作者に与えるように構成したことを特徴とする感覚情報呈示機能をもつたマニピュレータの操縦方法。

## 発明の詳細な説明

この発明はマニピュレータの操縦方法に関するものである。

15 原子炉内などの危険な作業や不衛生な作業を行う場合に、通常、遠隔操縦型のマニピュレータが使用される。この種のマニピュレータは一般に、作業環境と操縦室とを遮蔽室及び遮蔽窓で隔離し、作業環境に作業用マニピュレータを配設し、操縦室内に操作用マニピュレータを配設し、操作

3

用マニピュレータを操作者が操作し、操作用マニピュレータの動きに追従する作業用マニピュレータによつて作業を行わせるように構成されている。この場合に、炉内等の作業場所での作業対象及び作業用マニピュレータの腕の状態はテレビカメラ等の視覚センサを用いて検出し、これを操縦室内にテレビで表示して操作者に呈示し、また、作業用マニピュレータが物をつかんだりする時の触覚や圧覚または作業用マニピュレータの腕がどのような位置にあるのかの位置感覚は操縦室側の操作用マニピュレータにフィードバックしたり、或いは外骨格状のケースを操作者の腕にはめ、それにフィードバックして行なっている。

しかるに、このような従来の操縦方式では、変位する作業用マニピュレータの腕の動きをテレビカメラ等によつて固定位置から観察しているために、操作者に視覚を通じて入る情報と腕から入る情報が有機的に関連づけられていないこと、また、視覚から入る情報にしてもテレビ画面から入る作業対象側の作業用マニピュレータの状況と操縦室側の操作用マニピュレータの状況とをたえず見較べなければならない、などの理由から、作業対象側の作業用マニピュレータで直接作業することに比べて、著しい作業能率の低下や操作者の疲労が著しかった。

この発明は上記の如き事情に鑑みてなされたものであつて、操作者に臨場感を与えて、操作者が作業環境内に存在するような錯覚を操作者自身にいだかせ、操作者が対象物に対して直接作業するのと同等に近い作業能率を上げることができるとするものである。

この目的に対応して、この発明の感覚情報呈示機能をもつたマニピュレータの操縦方法は、操作者の指令によつて動作する作業用マニピュレータが位置する作業環境に感覚情報検出器を配設し、前記感覚情報検出器によつて検出した情報に基づく情報を前記作業環境の外の操縦室内に位置する操作者の感覚器に前記操作者の動きに追従する感覚呈示装置によつて与えるようにし、かつ、前記操作者の位置及び姿勢を実時間で測定する操作者検出装置と体記操作者検出装置の出力に基づいて前記感覚情報検出器の位置及び姿勢を制御する駆動装置とを用いて前記感覚情報検出器の任意の固

4

定位置にある三次元座標に関する位置及び姿勢を前記操作者の前記三次元座標に対応する前記操縦室側の三次元座標に関する位置及び姿勢に追従させるようにし、前記感覚情報検出器は少なくとも前記作業環境の視覚情報を検出する視覚情報検出器、前記作業環境の聴覚情報を検出する聴覚情報検出器及び前記作業用マニピュレータに作用する力を検出する力検出器であり、前記感覚呈示装置は少なくとも視覚呈示装置、聴覚呈示装置及び皮膚刺激装置を含み、前記視覚呈示装置は前記操作者の周囲の視覚情報を遮断した状態で前記視覚情報検出器によつて検出された視覚情報に基づく視覚情報を操作者に与え、前記聴覚呈示装置は前記操作者の周囲の聴覚情報を遮断した状態で前記聴覚情報検出器によつて検出された聴覚情報に基づく聴覚情報を操作者に与え、かつ、前記力検出器によつて検出した情報に基づく情報を前記皮膚刺激装置による皮膚刺激に変換して操作者に与えるように構成したことを特徴としている。

以下この発明の詳細を一実施例を示す図面について説明する。

第1図はこの発明の原理を示している。すなわち、この発明のマニピュレータの操縦方法では、実際の作業Aを行う作業環境1にダミー2を配設し、一方、作業環境1の外の操縦室3に操作者4が位置する。ダミー2は作業用マニピュレータ5と感覚情報検出器6を備えている。作業用マニピュレータ5は実際の作業7を行うためのダミー2の効果器である。また感覚情報検出器6は作業環境1内の可視状況や作業環境1内の音、或いは作業用マニピュレータ5と作業対象物との接触圧力や感触等の感覚情報を検出するものである。操縦室3内の操作者4には環境情報を遮断して与えず、もつばら、感覚情報検出器6によつて検出し、かつ、処理装置30によつて処理した作業環境1内の情報のみを操作者4の眼、耳、皮膚等の感覚器10に与える。一方、ダミー2の動き、すなわち、作業用マニピュレータ5と感覚情報検出器6の動きすなわち任意の固定位置にある三次元座標に関する位置及び姿勢は操作者4の体や手足20の動きすなわち前記の三次元座標に対応する前記操縦室側の三次元座標に関する位置及び姿勢に追従させるようにする。こうすることにより、操作者は作業環境内に自分が存在するような錯覚

を持ち、操作者が直接作業するのと同等の効果を得ることができる。

第2図には上記のこの発明の原理を具体化した場合の構成が示されている。すなわち、作業環境1にダミー2を配設し、一方作業環境1の外の操縦室3に操作者4が位置する。ダミー2は駆動装置7を介して固定体8に支持されており、駆動装置7の作動によつて直交するx、y、zの三方向に変位し、かつ、 $\phi$ 、 $\theta$ で示す回転角の回転によつて向きを変えることができる。

ダミー2は感覚情報検出器6として機能するテレビカメラ9a、9b、マイクロフォン11a、11bが人間の眼及び耳に対応する位置に配設されており、かつ、作業用マニピュレータ5が設けられている。作業用マニピュレータ5には歪ゲージ等の力感覚検出器12a、12bが取り付けられている。

一方、操縦室3側には、感覚呈示装置13と操作者検出装置14及び操作者腕検出装置15を備えている。

感覚呈示装置13は三次元テレビディスプレイ16、ヘッドフォンまたは耳内スピーカー17、皮膚刺激装置18を備えている。

三次元テレビディスプレイ16は第2図及び第3図に示ように、それぞれテレビジョンから成る左眼用ディスプレイ19及び右眼用ディスプレイ21をケース22内に設けてある。三次元ディスプレイ16は操作者4の眼を覆うようにして用い、この際左眼用ディスプレイ19は操作者4の左眼と対向し、また右眼用ディスプレイ21は操作者4の右眼と対向し、操作者の両眼から入った画像情報が操作者の中枢40において合成されて三次元画像を感得させる。左眼用ディスプレイ19に投影される画像はテレビカメラ9aで撮影された画像を処理装置30で画像変換したものであり、また右眼用ディスプレイ21に投影される画像はテレビカメラ9bで撮影された画像を処理装置30で画像変換したものである。ケース22は操作者4の眼のまわりを覆つて操縦室の環境からの情報を遮断する。

ヘッドフォン17は環境からの情報を遮断しつつ、作業環境1における可聴音に関する情報を操作者の聴覚器(耳)に与えるもので、第2図及び第4図に示す如く、左耳用スピーカー24aか

ら出る音はマイクロフォン11aによつて検出した作業環境1内の音情報を処理装置30で音変換したものであり、また右耳用スピーカー24bから出る音はマイクロフォン11bによつて検出した作業環境1内の音情報を処理装置30で音変換したものである。皮膚刺激装置18は操作者4の腕等皮膚の近傍に取り付けられて使用されるもので、皮膚電気刺激装置25、皮膚振動刺激装置26を備えている。皮膚電気刺激装置25は入力に応じた電流を出力して操作者の皮膚に通し、皮膚を刺激して作業用マニピュレータ5に作用する力等を感じ得させるものであり、また、皮膚振動刺激装置26は入力に応じた振動を出力して操作者の皮膚に与え、作業用マニピュレータ5に作用する力等を感じ得させるものであり、それぞれ作業用マニピュレータ5に取り付けた歪ゲージ等の力感覚検出器12a、12bによつて検出された作業環境1内の情報を処理装置30で処理された情報が入力される。

操作者検出装置14はテレビカメラ27a、27bやセルスポットを備え、操作者4の位置や向きを測定し、その情報を処理装置30を介して駆動装置7に伝送する。駆動装置7はその入力信号によつてダミー2、すなわち、テレビカメラ9a、9b、マイクロフォン11a、11bの位置及び向きを操作者4に追従して決定する。

操作者腕検出装置15はゴニオメータ28を備え、ゴニオメータ28によつて操作者4の腕の動きを測定し、その情報を処理装置30を介してマニピュレータ駆動装置29を伝送し、マニピュレータ駆動装置29はその入力信号に基づいて作業用マニピュレータ5の位置及び向きを操作用マニピュレータに追従して決定する。

このような構成において、操作者4の動きを、テレビカメラ27a、27bまたはセルスポット等の操作者検出装置14、ゴニオメータ28等の操作者腕検出装置15を用いて、操作者4の運動を制限せずに実時間で測定し、その測定された操作者の動きにあわせてダミー2を動かし、また、そのダミー2の動きに伴つて変化する外界の像(画像と音像)及び触感等の外界の状況を三次元テレビディスプレイ16、ヘッドフォン17及び皮膚刺激装置18によつて操作者4にフィードバックする。操作者4には操縦室3内の環境情報は

7

8

遮断され、作業環境 1 内の感覚情報のみを受け取り、しかも、その感覚情報は自分の動きに応じて変化するものである。このことにより、操作者に作業環境内に自分が存在するような錯覚をいだかせ、操作者が直接作業するのと同等に近い作業能率を上げることができる。

特にスレーブマニピュレータに作用する力を、そのまま力として、マスタマニピュレータに伝達するのではなくスレーブマニピュレータに作用する力を皮膚感覚として操作者に伝達することにより、操作者の危険や疲労を回避することができる。すなわち、スレーブマニピュレータに作用する力を、そのまま力として、マスタマニピュレータに伝達すると、例えばスレーブマニピュレータが事故等によつて大きな力を受けた場合に、その大きな力がマスタマニピュレータを通じてそのまま操作者に伝達されることとなり、操作者にとつて極めて危険である。

また作業の種類によつては、スレーブマニピュレータに大きな力を出させる必要があり、その場合にその大きな力を操作者が出すこととなり、操作者の疲労が著しくなることがある。

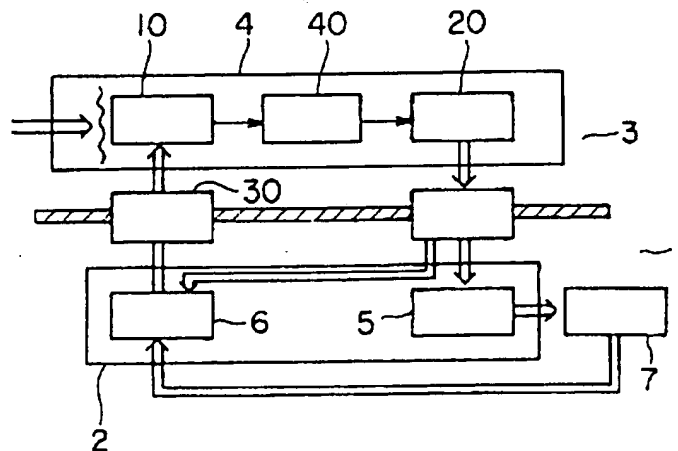
この発明ではこうした操作者の危険や疲労を回避することができる。

#### 図面の簡単な説明

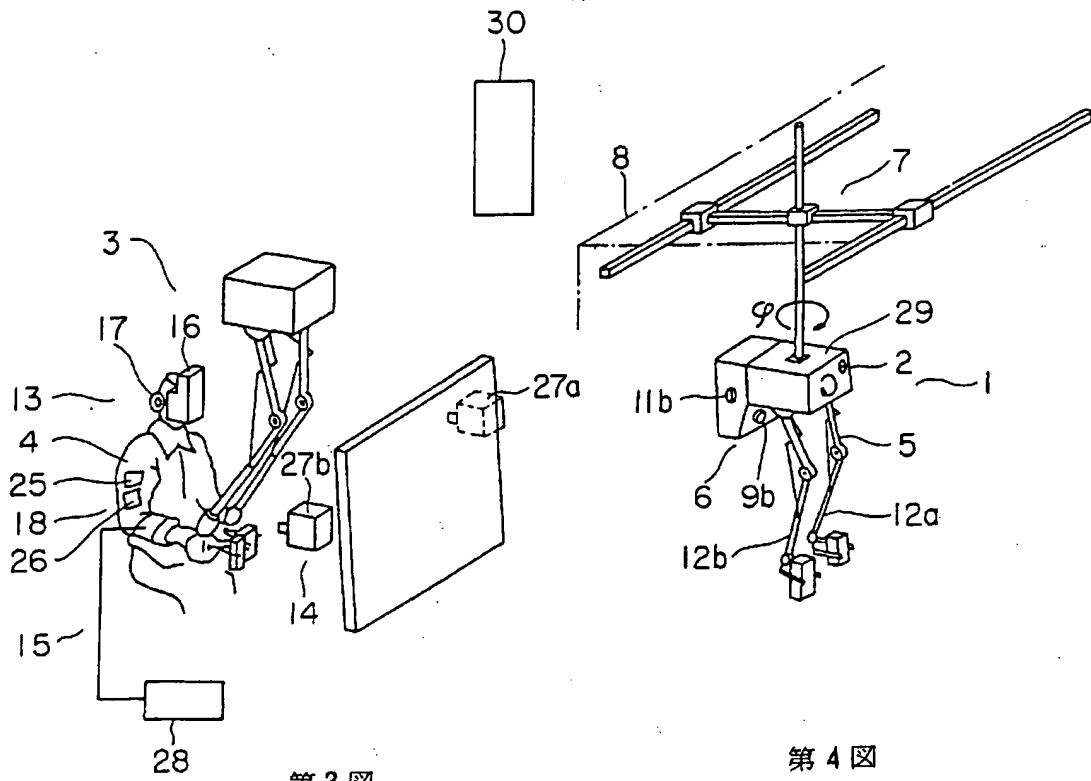
第 1 図はこの発明の原理を示すブロック図、第 2 図はマニピュレータ操縦装置を示す説明図、第 3 図は三次元テレビディスプレイを示す説明図及び第 4 図はヘッドフォンを示す説明図である。

1 ……作業環境、2 ……ダミー、4 ……操作者、5 ……作業用マニピュレータ、6 ……感覚情報検出器、9 a, 9 b ……テレビカメラ、11 a, 11 b ……マイクロフォン、16 ……三次元テレビディスプレイ、17 ……ヘッドフォン、30 ……処理装置。

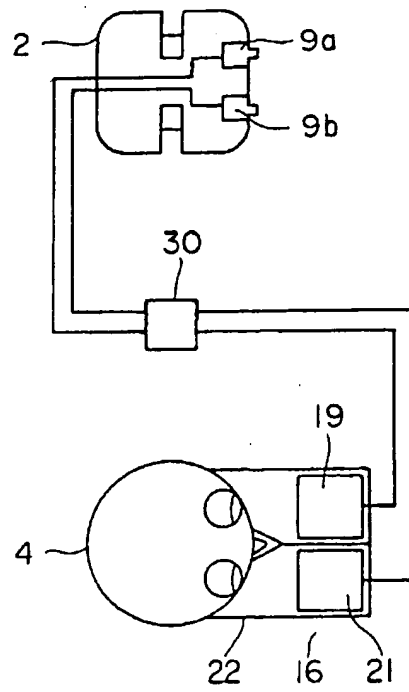
第 1 図



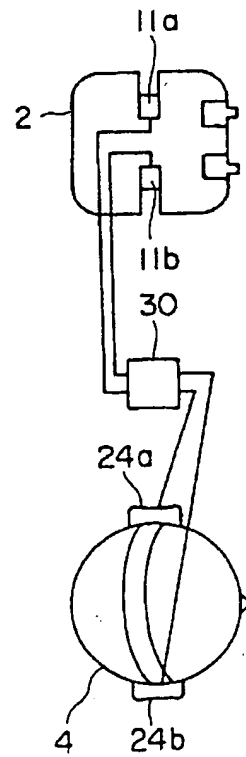
第2図



第3図



第4図



**TRANSLATION FROM JAPANESE**

- |      |  |                                |                      |
|------|--|--------------------------------|----------------------|
| (19) | JAPANESE PATENT OFFICE (JP)                              |                                |                      |
| (12) | Japanese Patent Publication (Kokoku) No. <b>62-29196</b> |                                |                      |
| (10) | Official Gazette for Patent Publications (B2)            |                                |                      |
| (51) | <u>Int. Cl.<sup>4</sup>:</u>                             | <u>Classification Symbols:</u> | <u>JPO File No.:</u> |
|      | B25J   | 19/02                          | 7502-3F              |
|      |  | 3/00                           | A-7502-3F            |
|      | G21C   | 19/02                          | Z-7324-2G            |
|      | G21F   | 7/06                           | 8204-2G              |

(24) (44)      Registration Date: Jun. 24, 1987

Number of Inventions: 1

(Total of 5 pages [in the original])

- (54) Title of the Invention: **Method for controlling manipulator having function of providing sensory information**

- |      |  |  |
|------|--|--|
| (21) | Application No. 56-4135  | (65) Unexamined Patent Application 57-121487 |
| (22) | Filing Date: Jan.14, 1981  | (43) Jul. 28, 1982                           |
| (72) | Inventor: TATE Akira   |  |
| (72) | Inventor: TANIE Kazuo  |  |
| (72) | Inventor: KOMORIYA Kiyoshi   |  |
| (71) | Applicant: DIRECTOR OF THE AGENCY OF INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY |  |

(74) Agent: DIRECTOR OF THE MECHANICAL ENGINEERING  
LABORATORY, AGENCY OF INDUSTRIAL SCIENCE AND  
TECHNOLOGY

Examiner: KURIBAYASHI Toshihiko

(56) Cited Publications

Unexamined Patent Application 50-73365 (JP, A)

Unexamined Patent Application 55-101388 (JP, A)

Unexamined Patent Application 52-47264 (JP, A)

Unexamined Patent Application 55-107992 (JP, A)

Unexamined Utility Model Application 51-94242 (JP, U)

Unexamined Utility Model Application 55-85289 (JP, U)

**(57) Claims**

1 Method for controlling a manipulator having a function of providing sensory information, characterized in that a sensory information sensor is disposed in a work environment in which is situated a work manipulator that moves according to instruction from an operator and designed to provide, on the basis of sensory information sensed by said sensory information sensor, information to a sensory organ of an operator situated in a control room outside said work environment, by means of a sensory providing device that tracks the movements of said operator; employing an operator sensing device that measures in real time the position and attitude of said operator, and an actuating device that on the basis of the output of said operator sensing device controls the position and attitude of said sensory information sensor, in order to cause position and attitude relating to three-dimensional coordinates at an arbitrary fixed location of said sensory information sensor to follow a position and attitude relating to three-dimensional coordinates on said control room side, [said coordinates] corresponding to three-dimensional coordinates of said operator; said sensory information sensor is at least a visual information sensor for sensing visual information in said work environment, an auditory information sensor for sensing auditory information in said work environment, and a force sensor for sensing force acting upon said work manipulator; said sensory providing device comprises at least as visual providing device, an auditory providing device, and a skin stimulating device; said visual providing device providing the operator with visual information based on visual information detected by said visual sensing device with visual information around said operator obstructed; said auditory providing device providing the operator with auditory information based on auditory information detected by said auditory sensing device with auditory information around said operator obstructed; and information based on information sensed by said force sensor being provided to the operator through change in skin stimulation by said skin stimulating device.



## **Detailed Description of the Invention**

This invention relates to a method for controlling a manipulator.

Hazardous operations such as those in a nuclear reactor or unsanitary operations are commonly carried out using a remote operation type manipulator. With this kind of manipulator, typically, the work environment is separated from a control room by means of a barrier chamber or barrier window; a work manipulator is installed in the work environment, and a control manipulator is installed in the control room, with the control manipulator being operated by an operator to cause the work manipulator to perform tasks by following the movements of the control manipulator. In such instances, the object being manipulated and the arm of the work manipulator in a work site such as a nuclear reactor are sensed by means of a visual sensor such as a television camera or the like, and this [image] is presented to the operator displayed on a television in the control room; or tactile or pressure sense when an object is grasped by the work manipulator, or locational sense as to the location of the arm of the work manipulator, is fed back to the control manipulator on the control room side, or an exoskeleton-like case is placed around the arm of the operator, and feedback provided thereto.

With such control methods, movement of the arm of the displacing work manipulator is observed from a fixed location by means of a television camera or the like, and for reasons such as failure to organically associate information to be communicated to the operator through his or her senses with information input from his or her arm, or where information is provided visually, the need to constantly compare the status of the work manipulator on the work side from a television screen with the status of the control manipulator on the control room side, or for some other reason, there is a marked drop in work efficiency and increase in operator fatigue as compared to direct manipulation of the work manipulator on the work side.

With the foregoing in view, it is an object of this invention to provide a method for controlling a manipulator, whereby the operator may be provided with a sense of realism, the operator per se may be made to experience the impression of being actually present within the work environment, and the operator may improve his or her work efficiency to a level on par with that of directly manipulating an object.

To achieve this object, the method for controlling a manipulator having a function of providing sensory information according to the present invention is characterized in that a sensory information sensor is disposed in a work environment in which is situated a work manipulator that moves according to instruction from an operator and designed to provide, on the basis of sensory information sensed by said sensory information sensor, information to a sensory organ of an operator situated in a control room outside said work environment, by means of a sensory providing device that tracks the movements of said operator; employing an operator sensing device that measures in real time the position and attitude of said operator, and an actuating device that on the basis of the output of said operator sensing device controls the position and attitude of said sensory information sensor, in order to cause position and attitude relating to three-dimensional coordinates at an arbitrary fixed location of said sensory information sensor to follow a position and attitude relating to three-dimensional coordinates on said control room side, [said coordinates] corresponding to three-dimensional coordinates of said operator; said sensory information sensor is at least a visual information sensor for sensing visual information in said work environment, an auditory information sensor for sensing auditory information in said work environment, and a force sensor for sensing force acting upon said work manipulator; said sensory providing device comprises at least as visual providing device, an auditory providing device, and a skin stimulating device; said visual providing device providing the operator with visual information based on visual information detected by said visual sensing device with visual information around said operator obstructed; said auditory providing device providing the operator with auditory information based on auditory information detected by said auditory sensing device with auditory information around said operator obstructed; and information based on information sensed by said force sensor being provided to the operator through change in skin stimulation by said skin stimulating device.

A fuller understanding of the invention is provided through the following description of the embodiment with reference to the accompanying drawings.

Fig. 1 illustrates the basic principle of this invention. According to the manipulator control method herein, a dummy 2 is disposed in a work environment 1 in

which an actual task A will be carried out, and an operator 4 is situated in a control room 3 outside the work environment 1. Dummy 2 comprises a work manipulator 5 and a sensory information sensor 6. Work manipulator 5 is an effector of dummy 2 for performing an actual task 7. Sensory information sensor 6 senses sensory information such as visual conditions within work environment 1, sound within work environment 1, contact force against an object being manipulated, tactile sensation, or the like. The operator 4 in control room 3 is not provided with screened environmental information, but rather the sense organs 10, such as the eyes, ears or skin of operator 4, are presented exclusively with information about the work environment 1 sensed by the sensory information sensor 6 and processed by a processing device 30. Movement of the dummy 2, i.e., motion of the work manipulator 5 and/or the sensory information sensor 6, specifically position and attitude relating to three-dimensional coordinates in an arbitrary fixed location, are made to conform to movements of the body and limbs of the operator 4, i.e. to position and attitude relating to three-dimensional coordinates on the control room side corresponding to the aforementioned three-dimensional coordinates. By so doing, the operator is given the impression of being actually present within the work environment, thereby affording effects similar to direct manipulation by the operator.

Fig. 2 shows a specific arrangement embodying the general principle of the invention described hereinabove. Specifically, a dummy 2 is disposed in a work environment 1, while an operator 4 is situated in a control room 3 outside the work environment 1. Dummy 2 is supported on a fixed member 8 via an actuating device 7 so as to be able to undergo displacement in three orthogonal directions x, y, z by means of operation of the actuating device 7, and also to change direction through rotation of rotation angles indicated by  $\phi$  and  $\theta$ .

Dummy 2 is equipped with sensory information sensors 6 composed of television cameras 9a, 9b and microphones 11a, 11b, situated at locations corresponding to the human eyes and ears, and with a work manipulator 5. Work manipulator 5 is equipped with force sensors 12a, 12b such as strain gauges or the like.

The control room 3, meanwhile, is equipped with a sensory providing device 13, operator sensing device 14, and operator arm sensing device 15.

Sensory providing device 13 comprises a three-dimensional television display 16, a headphone or in-ear speaker 17, and a skin stimulating device 18.

As shown in Fig. 2 and Fig. 3, three-dimensional television display 16 is composed of a left eye display 19 and right eye display 20, each consisting of a television, disposed within a case 22. The three-dimensional television display 16 is used by being placed covering the eyes of the operator 4, with the left eye display 19 juxtaposed to the left eye of the operator 4 and the right eye display 20 juxtaposed to the right eye of the operator 4, whereby image information entering via the two eyes of the operator is perceived as a three-dimensional image by virtue of being synthesized in the nerve center 40 of the operator. Images projected onto the left eye display 19 are produced by video conversion by processing device 30 of images taken by television camera 9a, and images projected onto the right eye display 20 are produced by video conversion by processing device 30 of images taken by television camera 9b. Case 22 covers the area around the eyes of the operator 4, blocking out information from the control room environment.

Headphone 17 blocks out information from the environment while providing the auditory organs (ears) of the operator with information relating to audible noise in the work environment 1; as shown in Fig. 2 and Fig. 4, noise put out from the left ear speaker 24a is produced by audio conversion by processing device 30 of auditory information in the work environment 1 sensed by microphone 11a, and noise put out from the right ear speaker 24b is produced by audio conversion by processing device 30 of auditory information in the work environment 1 sensed by microphone 11b. Skin stimulating device 18 is attached in proximity to the skin of the arm, etc. of the operator 4, and comprises a electrical skin stimulating device 25 and an oscillating skin stimulating device 26. In response to an input, electrical skin stimulating device 25 outputs electrical current which passes to the skin of the operator, thereby stimulating the skin and producing a sensation of exerting force on the work manipulator 5 or the like; oscillating skin stimulating device 26 outputs oscillations in response to an input, [which oscillations] are provided to the skin of the operator, producing a sensation of exerting force on the work manipulator 5 or the like. Each [of these devices] has as input information about the inside of the work environment 1 sensed by the strain gauges or

other force sensors 12a, 12b attached to the work manipulator 5, and processed by processing device 30.

The operator sensing device 14 comprises television cameras 27a, 27b and/or cell spots, and senses the position and orientation of the operator 4; this information is sent to actuating device 7 via processing device 30. Presented with this input signal, actuating device 7 decides upon a position and orientation for dummy 2, i.e. television cameras 9a, 9b and microphones 11a, 11b, which conform [to those of] the operator.

The operator arm sensing device 15 comprises a goniometer 28; arm movements of the operator 4 are measured by the goniometer 28, and this information is sent to the manipulator actuating device 29 via the processing device 30, whereupon on the basis of this input signal, manipulator actuating device 29 decides upon a position and orientation for work manipulator 5 which conform [to those of] the control manipulator.

With this arrangement, movements of operator 4 are measured, in real time and without restricting movement of the operator 4, by means of television cameras 27a, 27b, cell spots or other such operator sensing device 14, and a goniometer 28 or other such operator arm sensing device 15, the dummy 2 being caused to move in coordination with movements of the operator measured in this manner, and images of changes in the external world (images and sounds) accompanying movement of the dummy 2, tactile sensations, and other conditions of the external world being fed back to the operator 4 by means of three-dimensional television 16, headphone 17, and skin stimulating device 18. The operator 4 is isolated from environmental information within the control room 3, and can receive only sensory information within the work environment 1, which sensory information changes in response to his or her own movements. In this way, the operator may be given the impression of being actually present within the work environment, improving work efficiency to a level comparable with direct manipulation by the operator.

In particular, force exerted on the slave manipulator is not transmitted as unmodified force to the master manipulator; rather, force exerted on the slave manipulator is transmitted to the operator as a skin stimulus, thereby avoiding danger to and fatigue of the operator. That is, where force exerted on the slave manipulator is

transmitted as unmodified force to the master manipulator, if the master manipulator should be subjected to a strong force due to an accident or the like, this strong force will be transmitted to the operator through the master manipulator, which can be extremely dangerous for the operator.

Depending on the nature of the work, the slave manipulator may need to be subjected to strong force, and in such instances the operator must put out [force to counter?] this strong force, resulting in marked operator fatigue.

Danger to and fatigue of the operator can be avoided by the present invention.

### Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a block diagram illustrating the general principle of this invention; Fig. 2 is an illustration of a manipulator control device; Fig. 3 is an illustration of a three-dimensional display; and Fig. 4 is an illustration of a headphone.

1 ... work environment, 2 ... dummy, 4 ... operator, 5 ... work manipulator, 6 ... sensory information sensor, 9a, 9b ... television cameras, 11a, 11b ... microphones, 16 ... three-dimensional television display, 17 ... headphone, 30 ... processing device

Fig. 1

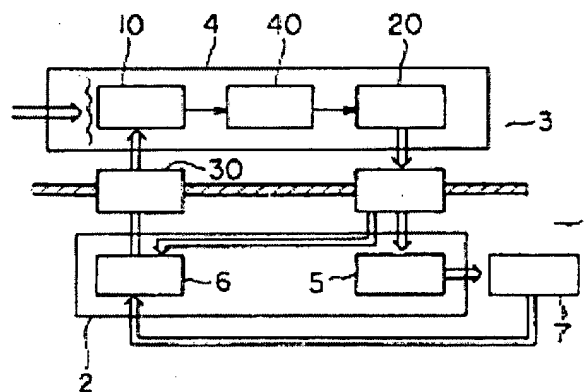


Fig. 2

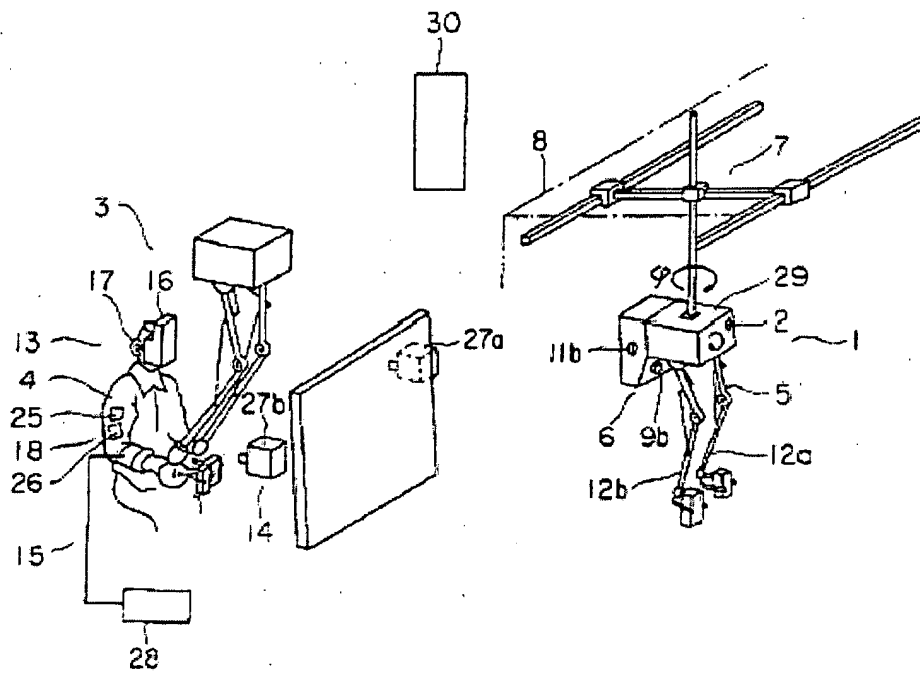


Fig. 3

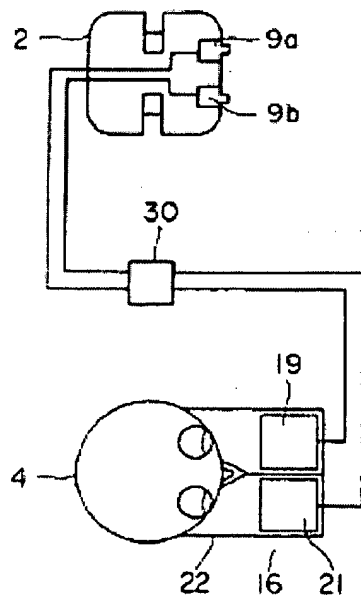


Fig. 4

